

**Принципы выполнения адаптивной токовой
защиты распределительных сетей**

Романюк Ф. А., Тишечкин А. А., Бобко Н. Н., Глинский Е. В.,
Румянцев В. Ю., Новаш И. В.

Белорусский национальный технический университет

Надежность работы распределительных сетей в значительной мере зависит от устройств релейной защиты и автоматики (РЗА). Отличительной особенностью таких сетей является то, что примерно 70% всех повреждений происходят в распределительных сетях 6-35 кВ.

В настоящее время для защиты от коротких замыканий (КЗ) и дальнего резервирования (ДР) в распределительных сетях 6-35 кВ с односторонним питанием преимущественно используются токовые защиты, измерительные органы (ИО) которых обычно реагируют или на полные токи фаз или на разность фазных токов. По принципу действия токовая защита реагирует на увеличение тока сверх ее уставки (тока срабатывания) вне зависимости от причины, вызвавшей увеличение тока. Увеличение тока может произойти не только при КЗ, но и при подключении дополнительной нагрузки, а также при самозапуске электродвигателей, при восстановлении напряжения после отключения внешних КЗ, действии устройств АПВ, АВР. Для более быстрой ликвидации повреждений используются или защиты с ступенчатой характеристикой выдержки времени или защиты с обратными зависимыми характеристиками времени срабатывания. Параметры срабатывания (токи срабатывания, выдержки времени) таких защит рассчитываются заранее, исходя из наиболее тяжелых режимов работы оборудования, и остаются неизменными при изменении режимов работы распределительной сети.

При определении тока срабатывания максимальных токовых защит (МТЗ) учитывают увеличение тока в защищаемой линии вследствие самозапуска электродвигателей нагрузки при восстановлении напряжения после отключения КЗ. Это увеличение тока учитывается с помощью коэффициента самозапуска, численное значение которого при расчетах может достигать значений 2,5-3 и более. Точное определение этого коэффициента затруднено, так как его значение зависит от многих факторов:

состава нагрузки, пусковых характеристик, степени загрузки электродвигателей, длительности и степени снижения напряжения и т.д. В результате создаются большие расчетные запасы. Однако такие тяжелые расчетные режимы и схемы могут существовать непродолжительное время, и их учет приводит к неоправданному замедлению и загромождению устройств РЗА при реальной схеме и режимах, которые могут быть намного легче и продолжительнее, чем наихудшие расчетные. Такое исполнение защиты приводит к снижению основных показателей их технического совершенства: зависимости длин защищаемых зон от режимов работы питающих систем и вида КЗ, недостаточной чувствительности и защитоспособности отдельных ступеней и т.д. В конечном счете, это ограничивает область использования токовых защит и приводит к необходимости установки более сложных защит. Например, токовых защит с блокировкой минимального напряжения или дистанционных, требующих для своего функционирования дополнительной информации от измерительных трансформаторов напряжения, что приводит к снижению надежности защиты, поскольку при неисправностях или при перегорании предохранителей в цепях трансформаторов напряжения такие защиты становятся неработоспособными.

Улучшить основные показатели технического совершенства токовых защит, расширить область их использования, повысить эффективность ДР возможно путем разработки адаптивных токовых защит, автоматически изменяющих свои характеристики в зависимости от вида КЗ, изменения режимов работы распределительной сети и ряда других влияющих факторов. Кроме того, такие защиты должны быть нечувствительными к эксплуатационным изменениям частоты в энергосистеме, отличать симметричные КЗ от несимметричных.

Область уставок адаптивных защит должна формироваться не только в зависимости от параметров сети, но и от ее режима работы. Для достижения этой цели защита должна содержать более широкий спектр токовых ИО, контролирующих основные показатели несимметрии, величины аварийных составляющих прямой, обратной, нулевой последовательностей, а в ряде случаев и их приращения. Решение этой задачи усложняется тем, что показатели несимметрии могут появляться не только при несимметричных КЗ, но и при обрывах в цепях трансформато-

ров тока и их насыщении, а также при бросках тока намагничивания, возникающих при подключении силовых трансформаторов, при восстановлении напряжения после отключения внешних КЗ, при работе устройств АПВ, АВР. Учет всех вышеперечисленных факторов приводит к необходимости усложнения алгоритмов работы защиты, что не является определяющим при использовании современной микропроцессорной элементной базы и цифровых методов обработки входной информации.

УДК 621.311

Полуволновая межгосударственная электроэнергетическая связь

Семенков Д. Н.

Белорусский национальный технический университет

В последнее время во всем мире стало определяющей тенденцией интегрирование энергетических систем в объединения для получения дополнительных эффектов от их совместной работы. Однако существует ряд нерешенных проблем, которые препятствуют объединению.

В некоторых работах авторы предлагают применить принцип комбинированного объединения больших систем с применением гибкой связи[1]. При этом вместо гибкой связи можно использовать полуволновую линию электропередачи. Для обоснования этого решения и уточнения всех основных преимуществ охарактеризуем ценность полуволны.

Мощность современной электростанции достигает 4-6 ГВт, мощность объединенных энергетических систем (ОЭС) измеряется десятками миллионов киловатт. ОЭС связаны между собой линиями электропередачи (ЛЭП), пропускная способность которых составляет 2-3 ГВт.

В значительной мере технико-экономические показатели ЛЭП определяются ее пропускной способностью. Пропускная способность ЛЭП может быть повышена путем настройки ЛЭП на режим полуволны.

В режиме полуволны линия обладает высокой пропускной способностью. Уравнения линии без потерь при $\lambda = \alpha l = \pi$ будут иметь вид